



Katedra elektrotechniky, elektroniky a zabezpečovací techniky v dopravě
Akademický rok: 2024/2025

POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno studenta: Jakub Horák

Název práce: Simulační model spotřeby el. energie parciálního trolejbusu

Slovní hodnocení

Charakteristika a splnění cílů zadání diplomové práce, zvládnutí problematiky, aktuálnost tématu:

Náplň a cíle předložené diplomové práce vycházejí z vazby tématu na projektové aktivity KEEZ v oblasti analýz energetických poměrů trolejbusové dopravy v rámci MHD. Cílem diplomové práce byl návrh, implementace, testování a validace simulačního modelu jízdy parciálního trolejbusu na lince v rámci DP Praha a následné provedení vzorových výpočtů zaměřených na citlivostní analýzy energetických poměrů v závislosti na vybraných vstupních parametrech výpočtů (obsazenost vozidla, rychlostní profil). Diplomant se v rámci vývoje simulačního modelu musel podrobně seznámit s technickým řešením vozidla, se strukturou elektrické výzbroje, s charakterem trasy a provozu a při tvorbě architektury simulačního SW musel stanovit řadu předpokladů a zjednodušujících podmínek výpočtů. Diplomant stěžejní cíle zadání splnil a problematiku zvládnul. Na úrovni implementace modelu využil objektově orientované programování. Po stránce algoritmické postihuje model hlavní vlastnosti vozidla vycházející z jeho konstrukce, umožňuje řešení úlohy ve dvou režimech tvorby rychlostní trajektorie (zadání pevného profilu rychlosti a generování profilu rychlosti na základě definovaných hodnot zrychlení), v některých detailech výpočetních algoritmů by však bylo na místě revidovat přístup z hlediska některých zavedených zjednodušení (například záležitosti spojené s formováním reálné trajektorie rychlosti). V závěrečné části práce by bylo vhodné rozpracovat do většího rozsahu a podrobností citlivostní analýzy.

Vzhledem k rostoucímu zájmu objednatelů o nízkoemisní městskou hromadnou dopravu a nárůstu požadavků na zpracování analýz stávajících i budoucích linek s konvenčními i parciálními trolejbusy je téma práce aktuální.

Logická stavba a stylistická úroveň práce (formální úprava práce – text, grafy, tabulky, obrázky, práce s normami, práce s prameny a citacemi...)

Po formální stránce je práce zpracována do poměrně velkého rozsahu (129 stran). Její struktura a forma prezentování metod, postupů a výsledků není však volena zcela ideálně. Je popsána řada skutečností s úzkou vazbou na implementovaný SW, v mnoha případech podrobně, čímž práce částečně plní funkci dokumentace SW, na druhou stranu jsou však v této formě popisu méně zřetelné souvislosti a vazby mezi jednotlivými částmi SW, čtenář si obtížněji vytváří celkovou představu o fungování programu i vzhledem malému zdůraznění fyzikálních podstat řešených problémů. K větší přehlednosti práce by přispěla i vyšší míra vyjádření funkčnosti implementovaných algoritmů v grafické formě, v určité míře plní tuto roli vývojové diagramy umístěné v přílohách práce. Kontinuitu popisu narušuje i skutečnost, že některé informace se v práci na několika místech opakují. Po jazykové stránce má práce odpovídající úroveň, grafická část je v dobré kvalitě. Překlepy a gramatické chyby se v práci prakticky nevyskytují.

Využití odborných literárních zdrojů bylo v případě této práce problematické, vzhledem k charakteru práce musel diplomant ve velké míře využít informace z firemních zdrojů, které nejsou veřejně přístupné.

Využití dosažených výsledků, námětů a návrhů v praxi:

Předložená práce je příspěvkem k realizaci prostředků pro elektrické, energetické a výkonové analýzy provozu elektrických vozidel MHD. O toto téma lze zaznamenat ve spojení s trendem zavádění nízkoemisní hromadné osobní dopravy rostoucí zájem ze strany dopravců, objednatelů i výrobců vozidel. Vyvinutý SW využívá řadu dat a parametrů, které jsou vázány na konkrétní vozidlo, zároveň, zejména při validacích, bylo využito řady dat získaných měřeními na vozidlech v reálném provozu. Jedná se však o firemní informace, které byly poskytnuty v rámci řešení projektu, jejich zveřejňování není možné. Z toho důvodu nemohla být v práci řada grafů cejchována konkrétními hodnotami, odchylky výpočtů od měření mohly být prezentovány jen velmi rámcově. Tyto zdánlivě v práci chybějící informace však nelze považovat za chybu diplomanta, ale jedná se o ochranu firemních dat, která nejsou veřejná.

Nejdůležitější připomínky a otázky k zodpovězení při obhajobě:

1. Na str. 16 je uvedeno, že trakční měniče simulovaného trolejbusu jsou vybaveny prvky na bázi SiC. Toto není správné tvrzení, jsou použity prvky IGBT.
2. Na str. 16 se uvádí rekuperace energie při brzdění vozidla do baterií nebo do troleje. Prioritní je však rekuperace do pomocných spotřeb vozidla.
3. V kapitole 2.2.9. se uvádí: „...záporný přebytek (výkonu sběrače) indikuje chybějící část energie, kterou musí pokrýt trakční baterie.“ Znamená to tedy, že model připouští i využití energie z baterie při jízdě pod trolejí (též rovnice (44) na str. 71)?
4. Objasněte podrobněji postup popsany na str. 67 nad obr. 25 – při nedostatku výkonu zdroje se v modelu omezí moment, ale nadále se počítá se zadaným profilem rychlosti?
5. Vztahy (46) a (47) na str. 72 – pojednejte podrobněji o Vámi použitém nastavení dělení brzdné síly mezi mechanickou a elektrickou brzdou.
6. K odstavci 6 na str. 73 – SOC uvažujete jako vnitřní energii baterie nebo energii uvažovanou na svorkách? Jestliže je nutno omezovat brzdou sílu elektrické brzdy z důvodu přípustného výkonu baterie, posílí se v tomto případě využití mechanické brzdy?
7. Str. 76 a 77 – měnič „nabíjení u sběrače“, jak je označen v práci, se uplatňuje jen při rekuperaci do troleje.
8. Účinnosti uvedené v obr. 26 pro měniče a baterii jsou nastaveny příliš malé.
9. Obr. 34 – řešení zastavení při registraci zastávky skokovou změnou rychlosti je nevhodné, i když se jedná o malý skok rychlosti 0,3 km/h. Vhodnější by bylo upravovat průběžně deceleraci před zastavením i za cenu odchylky od zadaného rychlostního profilu.
10. Na str. 18 jsou uváděny velké relativní chyby výpočtu energie pomocných spotřeb při malých hodnotách těchto spotřeb (bez topení a klimatizace). Zabýval jste se otázkou, jak upravit křivky závislosti výkon pomocných spotřeb/teplota tak, aby se relativní chyby zmenšily?
11. Z tabulek 6 až 11 a 16 až 17 vyplývá větší spotřeba trakční energie v režimu dynamického výpočtu rychlostní trajektorie oproti režimu s pevně zadaným profilem rychlosti. Vysvětlíte tuto skutečnost fyzikálně.
12. Vysvětlíte tvrzení nad vztahem (62), že „...při cestě z kopce váha vozidla pomáhá ke zrychlení“.

S přihlédnutím k uvedeným skutečnostem diplomovou práci **DOPORUČUJI** k obhajobě a hodnotím známku:

A	B	C	D	E	F
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	X	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Odpovídající hodnocení označte **X**

Posudek vypracoval:

prof. Ing. Jaroslav Novák, CSc.

Místo a datum vyhotovení posudku: Pardubice, 25.7. 2025

Podpis.....